

KAJIAN TERHADAP POKOK PAKU PAKIS (*STENOCLAENA PALUSTRIS*) SEBAGAI EJEN PENSTABILAN LOGAM BERAT DALAM AIR SUMBER TELAGA JEJARI DI POLITEKNIK KOTA BHARU

STUDY ON THE STENOCLAENA PALUSTRIS FERN AS A HEAVY METAL STABILIZATION AGENT IN WELL WATER AT POLITEKNIK KOTA BHARU

Che Din Bin Ismail ^{1*}
Mohd Sobri Bin Hassan ²
Farawaheeda Binti Rashid ³

^{1 2 3} Department of Civil Engineering, Polytechnic Kota Bharu.

*Corresponding author E-mail: chedin5627@gmail.com

Article history

Received date : 2-9-2024
Revised date : 3-9-2024
Accepted date : 4-10-2024
Published date : 15-10-2024

To cite this document:

Ismail, C. D., Hassan, M. S., & Rashid, F. (2024). Kajian terhadap pokok paku pakis (*Stenoclaena Palustris*) sebagai ejen penstabilan logam berat dalam air sumber telaga jejari di Politeknik Kota Bharu. *Jurnal Penyelidikan Sains Sosial (JOSSR)*, 7 (24), 17 - 25.

Abstract: Kajian ini bertujuan untuk menilai potensi pokok paku pakis *Stenoclaena Palustris* sebagai ejen penstabilan logam berat dalam sumber air. Logam berat, seperti aluminium (Al), zink (Zn), Cuprum (Cu) dan lain-lain telah dikenal pasti sebagai pencemar serius dan tidak mampu dilihat dengan mata kasar. Lebihan logam-logam ini memberi kesan negatif terhadap kualiti air dan kesihatan ekosistem sekaligus menjadi punca kepada berbagai penyakit. Lebih merumitkan, ianya memberi kesan dalam jangka masa yang panjang dan sukar disingkirkan dari sistem imunisasi badan. Logam-logam ini dipilih untuk pensampelan berdasarkan keupayaan reagent-reagent ujikaji yang terdapat di Makmal Kaji Air Politeknik Kota Bharu. Sampel air dipungut dari sumber air telaga jejari Politeknik Kota Bharu memandangkan ianya sumber air bawah tanah dan berpotensi mengandungi kandungan logam yang tinggi. Kajian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan kaedah menganalisis nilai kandungan logam dalam air sampel sebelum dan selepas dirawat. Pengukuran telah dibuat dalam sela masa yang agak lama kerana mekanisma rawatan ini bergantung sepenuhnya kepada keaktifan dan kesuburan pokok paku pakis yang terpilih. Berdasarkan keputusan pengukuran awal dalam air sampel, kepekatan aluminium (Al) menunjukkan bacaan "overange" dimana nilainya melebihi 0.8 mg/l, manakala kuprum (Cu) 0.035 mg/l dan ferum 0.08 mg/l. Selepas menjalani rawatan selama lebih kurang 2 bulan air sampel diuji menunjukkan kandungan aluminium menurun kepada 0.062 mg/l, Kuprum 0.01 dan ferum 0.06 mg/l. Berpandukan kepada keputusan ini, *Stenoclaena Palustris* terbukti mampu menyerap dan mengurangkan kepekatan logam berat dalam sampel air. Mekanisma penstabilan ini berkemungkinan melibatkan penyerapan logam berat oleh struktur akar untuk kegunaan daun dan batang paku pakis serta proses biokimia yang berkaitan. Kajian ini juga mencadangkan bahawa *Stenoclaena Palustris* ini boleh dikomersilkan menjadi tanaman hiasan sekitar sumber air kerana ianya berkesan dalam kaedah pengurusan dan penstabilan logam berat dalam sumber air. Spesies paku pakis ini juga sangat mudah membiak dan sangat kebal terhadap suhu tinggi dari sinar matahari. Penemuan ini membuka ruang dan kemungkinan terhadap penggunaan *Stenoclaena*

Palustris sebagai alternatif kepada kaedah pengurangan pencemaran air serta pemulihan kawasan yang tercemar oleh logam berat.

Kata kunci: *stenoclaena palustris, logam berat, paku pakis*

Abstract: *This study aims to assess the potential of the Stenoclaena Palustris fern as heavy metal stabilization agents in water sources. Heavy metals, such as aluminium (Al), zinc (Zn), copper (Cu) and others have been identified as serious and invisible pollutants with the naked eye. The excess of these metals negatively affects water quality and health ecosystem. It can also be the cause of various diseases. More complicated, it gives long-term effects on the body's immune system and difficult to eliminate. These metals selected for sampling based on the capabilities of the test reagents available in the Water Quality Lab, Kota Bharu Polytechnic's. Water samples were collected from the water source of Kota Bharu Polytechnic's radial well as the underground water source has the potential to contain high metal content. This study uses an experimental approach with the method of analysing metal content values in water sample before and after treatment. Measurements have been made over a relatively long period because this treatment mechanism relies entirely on the activity and fertility of the fern tree. Based on the initial measurement results in the sample water, the concentration of aluminium (Al) showing an "overange" reading where the value exceeds 0.8 mg/l, while the copper (Cu) reading, and iron (Fe) respectively is 0.035 mg/l and 0.08 mg/l. After undergoing treatment for approximately two months, the tested water sample shows the aluminium content decreased to 0.062 mg/l, copper 0.01 mg/l, and iron 0.06 mg/l. Based on this decision, Stenoclaena Palustris has proven to be capable of absorbing and reducing the concentration of heavy metals in water samples. This stabilization mechanism is likely involving the absorption of heavy metals by the root structure for the use of fern leaves and stems and the related biochemical processes. This study also suggests that Stenoclaena Palustris can be commercialized as ornamental plants around water sources because it is effective in the method management and stabilization of heavy metals in water sources. This species of fern is also very easy, breeding and highly resistant to high temperatures from sunlight. With this discovery potentially could open opportunities for the use of Stenoclaena Palustris as an alternative method of reducing water pollution and rehabilitating areas contaminated by heavy metals.*

Keywords: *Stenoclaena Palustris, water source, heavy metals, fern*

Pengenalan

Kualiti air merupakan satu elemen sangat penting untuk kesihatan manusia, kemampuan ekosistem, dan pembangunan ekonomi. Air bersih adalah penting untuk minuman, sanitasi, pertanian, industri, dan rekreasi. Walau bagaimanapun, kualiti air boleh terjejas oleh pelbagai bahan pencemar, termasuk logam berat (Marry Bellis, 2019).

Logam berat ialah unsur semula jadi yang boleh ditemui di kerak bumi. Walaupun sesetengah logam berat adalah nutrien penting dalam jumlah surih, seperti besi, aluminium dan kuprum, paras logam berat yang berlebihan dalam air boleh menjadi sangat toksik kepada hidupan bernyawa. Logam berat tidak merosot dari semasa ke semasa, menjadikannya pencemar berterusan di alam sekitar (Abdul Muiz Zainudin, Nor Hazurina Othman, 2021).

Terdapat beberapa akibat pencemaran logam berat seperti risiko kesihatan manusia yang mana logam berat seperti aluminium, kadmium, merkuri dan arsenik diketahui menyebabkan

pelbagai masalah kesihatan, termasuk gangguan neurologi, kerosakan buah pinggang, kanser dan keabnormalan perkembangan, walaupun pada kepekatan rendah (Wang Z, 2017).

Objektif Kajian Dan Skop Kajian

Tujuan dan matlamat penyelidikan ini adalah mengkaji keberkesanan sejenis paku pakis (*Stenochlaena Palustris*) sebagai ejen penstabilan logam berat dalam sampel air telaga jejari di Politeknik Kota Bharu (PKB) dengan cara membandingkan keputusan ujian kandungan logam terhadap beberapa sampel yang diuji sebelum dan selepas saringan dilakukan.

Skop kajian ini merangkumi sepertiberikut:

1. Sampel air hanya diperolehi dari telaga jejari Politeknik Kota Bharu (PKB).
2. Ujian kualiti terhadap air sampel hanya melibatkan ujian kehadiran logam aluminium, ferum dan kuprum sahaja.
3. Ejen penstabilan dalam kajian ini hanya terhad kepada pokok paku pakis jenis *Stenochlaena Palustris* sahaja.

Latar Belakang

Kajian mengenai pemanfaatan paku-pakis (*Stenochlaena Palustris*) sebagai agen *fitoremediasi* logam berat dalam air telaga tiub di Politeknik Kota Bharu diilhamkan atas beberapa faktor dan kepentingan seperti kesedaran persekitaran dan penggunaan sumber bekalan air.

Penyataan Masalah

Lebih logam berat dalam air minuman boleh menyebabkan komplikasi kesihatan seperti kelemahan otot dan kemerosotan fizikal, sistem saraf dan juga kanser. Ujian kualiti air diperlukan untuk menjaga alam sekitar dan kesihatan awam (*Edward dan Christopher, 2016*). Pengkaji memilih pokok paku pakis sebagai ejen penstabilan logam berat untuk dijadikan bahan kajian memandangkan bahan ini tumbuh merata di sepanjang lembangan sungai. Jika dilihat pada fitrah alam, kewujudannya pasti ada kegunaan. Bagi membuktikan keberkesanannya beberapa jenis logam telah dipilih untuk ujikaji berdasarkan reagen yang terdapat di makmal kualiti air Politeknik Kota Bharu. Keputusan ujian dibandingkan antara sebelum dan selepas proses ujian dilakukan dan dirujuk kepada piawai *National Water Quality Standard (NWQS)*. Rujuk jadual 1: *Standard National Water Quality Index (NWQI)*.

Jadual 1: National Water Quality Index (NWQI)

Parameter	Unit	Standard
pH	-	5.5 – 9.0
Electrical Conductivity	µS/cm	1000
Total Dissolved Solids	mg/L	1500
Chloride (Cl)	mg/L	250
Alkalinity	mg/L	500
Iron (Fe)	mg/L	1.0
Mangan (Mn)	mg/L	0.2
Cadmium (Cd)	mg/L	0.003
Arsenic (As)	mg/L	0.01
Aluminium (Al)	mg/L	0.8
Lead (Pb)	mg/L	0.05
Chromium (Cr)	mg/L	0.05
Copper (Cu)	mg/L	1.0
Zinc (Zn)	mg/L	3.0
Natrium (Na)	mg/L	200
Magnesium (Mg)	mg/L	150
Nickel (Ni)	mg/L	0.05

Kepentingan Kajian

Kajian ini sangat penting kerana ia melibatkan sumber terpenting dalam kehidupan iaitu air untuk kegunaan domestik. Kehadiran logam tidak mampu dilihat dengan mata kasar dan ianya memberi kesan jangka-masa yang lama terhadap kesihatan. Dengan meneroka kaedah pemulihan semula jadi seperti fitoremediasi dengan *Stenochlaena palustris* (paku pakis), kajian ini berusaha untuk melihat keberkesannya dalam menurunkan kepekatan atau kehadiran logam berat seperti aluminium, ferum dan kuprum. Projek ini merupakan salah satu alternatif untuk mengawal masalah paras kandungan logam berat. Mekanisme penstabilan logam berat ini pertamanya dengan cara penyerapan yang mana *Stenochlaena Palustris* ini boleh menyerap logam berat melalui akarnya dan mengangkutnya ke tisu di atas tanah, seperti pelepah dan batang (Junxion Zhang, Jinshan Lu, Di Wang, 2022).

Kajian Literatur

Penyelidikan mengenai fitoremediasi, khususnya dengan menggunakan paku-pakis dan tumbuhan lain, untuk menghilangkan logam berat dari air dan tanah merupakan suatu penelitian yang penting dalam proses penjagaan persekitaran dan kesihatan masyarakat. Fitoremediasi merupakan proses yang berkelanjutan dan mesra persekitaran dalam aktiviti membersihkan kontaminan dari lingkungan, dengan memanfaatkan kemampuan tumbuhan untuk menyerap, mengkumulasi atau mereduksi polutan, termasuk logam berat (George Seegebrecht, 2017).

Kajian Terdahulu

Telah banyak kajian terdahulu mengenai pencemaran logam berat dalam sumber air, mencerminkan kebimbangan betapa pentingnya kesan pencemaran alam sekitar dan kesihatan awam. Kajian-kajian ini telah meneroka pelbagai aspek pencemaran logam berat, termasuk sumber, pengedaran, pengangkutan, nasib, dan kesannya. Menurut Prayudi (2013), paku pakis dapat dimanfaatkan sebagai tanaman fitoremediasi pada bahan basah buatan. Paku pakis (*Stenoclaena Palustris*) dapat digunakan sebagai agen *fitoremediasi* untuk memperbaiki kualiti air dengan menyerap logam berat yang ada diperairan. Secara keseluruhannya, kajian terdahulu mengenai pencemaran logam berat dalam sumber air telah memberikan pandangan berharga tentang sumber, laluan dan akibat pencemaran logam, memaklumkan pengurusan alam sekitar, usaha kawal selia dan campur tangan kesihatan awam yang bertujuan untuk mengurangkan kesan pencemaran dan melindungi kualiti air.

Paku-pakis (*Stenochlaena Palustris*) adalah tumbuhan yang termasuk dalam keluarga Blechnaceae dan secara luas ditemukan di wilayah tropis dan subtropis di seluruh dunia. Berikut adalah beberapa informasi tentang paku-pakis:

1. Deskripsi Morfologi: Pokok paku-pakis memiliki batang yang ramping dan tegak dengan daun hijau yang lebar dan berbentuk bulat telur. Daunnya teratur tersusun dalam bentuk roset di bagian ujung batang. Ukuran daunnya bervariasi tergantung pada kondisi tumbuhnya, tetapi biasanya dapat mencapai panjang hingga satu meter. Daunnya memiliki tekstur yang agak tebal dan permukaan yang berserat.
2. Habitat: Paku-pakis biasanya tumbuh di tempat-tempat yang lembap, seperti hutan lebat, tepi sungai, rawa-rawa, dan daerah aliran air. Mereka dapat ditemukan di sepanjang pantai, hutan bakau, dan daerah tropis lainnya. Paku-pakis cenderung tumbuh dengan baik di tempat-tempat yang teduh dan lembab.
3. Pertumbuhan dan Perbanyakan: Paku-pakis umumnya tumbuh dengan cepat dan dapat berkembang dengan baik di tanah yang subur dan lembab. Mereka dapat berkembang biak melalui spora yang dihasilkan di bagian bawah daun. Paku-pakis juga dapat diperbanyak dengan pembagian rimpang atau pemisahan anak-anak tanaman.

Metodologi Kajian

Tujuan metodologi adalah untuk membantu memahami dengan lebih luas atau lebih terperinci tentang pengaplikasian kaedah dengan membuat huraian tentang proses kajian. Untuk memberikan perjalanan projek ini berjaya, susunan langkah dijalankan dengan sebaik mungkin supaya skop projek ini tepat dan padat.

Kaedah Penghasilan Projek

Teknik penghasilan projek ini adalah merujuk kepada carta alir sebagaimana berikut:



Rajah 1: Carta Alir Penghasilan Projek

Reka Bentuk

Rajah 2 di bawah menunjukkan tentang reka bentuk kaedah menghidupkan pokok paku pakis yang dipilih. Akar paku pakis hidup 100% dalam air.



Rajah 2: Paku Pakis Jenis *Stenoclaena Palustris*





Ujian Yang Di Jalankan Terhadap Kandungan Logam Berat

Menurut Yusop Bin Paal, Werdah Binti Abdul Halim dan Sarifah Binti Daud (2003), ujian ini perlu dilakukan bagi mengetahui kandungan logam berat dalam air dengan menggunakan alat dinamakan spektrophotometer.

Peralatan dan Fungsi

Antara alatan yang digunakan untuk menjayakannya adalah seperti jadual 1 di bawah:

Jadual 1: Peralatan dan Fungsi

Alat	Fungsi
	Bikar untuk menyukat sampel cecair
	Selinder Penyukat
	<i>Spektrofotometer</i>
	<i>Set Reagen</i>

Prosedur Kajian (Heavy Metal Test)

Prosedur yang dijalankan bagi melaksanakan projek iaitu:

Jadual 2: Prosedur menjalankan ujikaji



Isi 10 ml botol sampel dengan sampel air telaga jejeri tiub PKB



Tuang reagen kedalam botol sampel terisi sampel air tadi



Tunggu reagen larut dalam sampel air



Membuat kalibrasi mesin spektrofotometer, tunggu sehingga bacaan menjadi sifar



Letak botol sampel terisi sampel air yang dilarut reagen kedalam sel sampel alat spektrofotometer kemudia tekan butang "baca"



Rekodkan bacaan

Analisis Dapatan Kajian

Data-data yang diperolehi semasa aktiviti kajian akan dinilai berdasarkan hasil ujian logam berat terhadap sampel air telaga jejari tiub Politeknik Kota Bharu. Data-data ini akan dipaparkan di dalam bentuk jadual. Data-data diambil dan dianalisa mengikut nilai bacaan kadar penurunan kandungan logam berat selepas tiga kali ujian makmal dilakukan.

Untuk makluman awal, data ujikaji dari sampel yang belum dirawat dengan menggunakan paku pakis *Stenoclaena palustris* menunjukkan bacaan kandungan logam ferum dan kuprum masih berada dalam tahap selamat untuk digunakan sebagai sumber air kegunaan domestik berpandukan indeks INWQS manakala bacaan aluminium mencatatkan nilai “overange” tetapi mengikut anggaran penyelidikan nilai lebihannya tidak terlalu ketara kerana bacaan pada sela masa pertama rawatan telah menunjukkan penurunan dengan paparan angka di bawah 0.8mg/l.

Objektif 1: Menguji Keberkesanan Pokok Paku Pakis Sebagai Ejen Penstabilan Kandungan Logam Berat Dalam Sampel Air Telaga Tiub Jejari PKB.

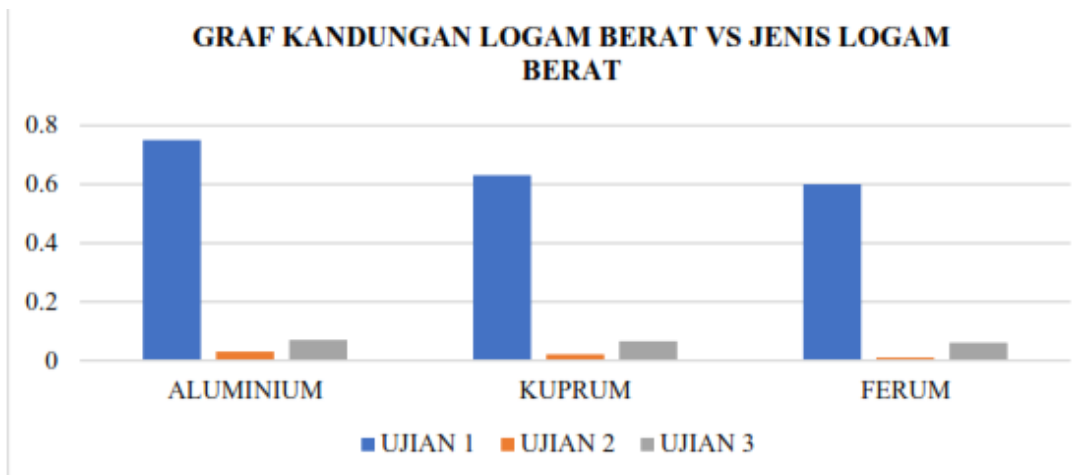
Menentukan keberkesanan pokok paku pakis sebagai ejen penstabilan logam berat dalam sampel air telaga tiub jejari PKB dengan menjalankan ujian logam berat keatas sampel sebanyak tiga kali dengan selang masa. Nilai diambil setelah alat spektrofotometer menunjukkan bacaan.

Jadual 3 : Data Sebelum Dirawat

Tarikh Ujian	Keputusan		
	Aluminium (Al)	Kuprum (Cu)	Ferum (Fe)
3/2/2024	Overange >0.8 mg/l	0.035 mg/L	0.08mg/L

Jadual 4: Hasil Data Selepas 3 Kali Ujian Logam Berat Selepas Dirawat

Tarikh Ujian	Keputusan		
	Aluminium (Al)	Kuprum (Cu)	Ferum (Fe)
3/3/2024	0.79 mg/l	0.033 mg/L	0.075 mg/L
1/4/2024	0.63 mg/L	0.020 mg/L	0.065 mg/L
30/4/2024	0.62 mg/L	0.010 mg/L	0.060 mg/L



Rajah 3: Graf Kandungan Logam Berat Vs Jenis Logam Berat

Perbincangan

Merujuk kepada data dari ujian sebelum (Jadual 3) dan ujian selepas (Jadual 4) menunjukkan terdapat penurunan signifikan dan konsisten berpandukan tarikh ujikaji dijalankan. Bagi bacaan kandungan Aluminium (Al) data sebelum penggunaan paku pakis adalah melebihi 0.8 mg/L di mana bacaan spectrophotometer menunjukkan bacaan “overange”. Manakala bacaan selepas penggunaan paku pakis pada tarikh 3/3/2024 adalah 0.79 mg/L, ujian ke-2 pada 1/4/2024 pula bacaannya semakin menurun kepada 0.63 mg/L. Penurunan secara konsisten dicatat lagi pada ujian ke-3 yang dijalankan pada 30/4/2024 iaitu 0.60 mg/L. Nilai bacaan untuk ujian terhadap kandungan ferum dan kandungan kuprum juga menunjukkan penurunan yang signifikan pada setiap ujikaji yang dijalankan.

Merujuk kepada data-data yang telah di analisis, dapat disimpulkan bahawa pokok paku pakis mempunyai potensi sebagai ejen penstabilan logam berat dalam air. Namun demikian oleh kerana proses fitoremediasi memerlukan masa yang panjang, ia memerlukan jumlah pokok paku pakis yang banyak dengan kadar kesuburan yang tinggi untuk menampung beban penyerapan logam berat untuk mempercepatkan proses penstabilan.

Kesimpulan

Kesimpulannya, setelah pemerhatian melalui perbandingan terhadap keputusan yang diperolehi,kesemua ujian terhadap sampel air yang dirawat menggunakan pokok paku pakis jenis *Stenoclaena palustris* mencatatkan penurunan yang signifikan dan konsisten terhadap masa. Oleh hal demikian, pengkaji dapat menyimpulkan bahawa penggunaan pokok paku pakis boleh memberi kesan positif kepada kualiti air sampel dari segi penstabilan logam berat dalam air.Berpandukan kepada data dan pemerhatian kesuburan pokok *Stenoclaena palustris* ini juga mempengaruhi kadar penyerapan.

Cadangan

Pemilihan saiz pokok paku pakis ini sangat penting. Hal ini untuk memastikan potensi penyerapan logam berat yang lebih mampan.Seharusnya pokok *Stenoclaena palustris* ini perlu dijaga dan dipastikan benar-benar hidup subur dalam jagaan sebelum ujikaji dibuat.Dari pengamatan data kadar kebolehpayaan penyerapan bergantung kepada kesuburan pokok paku pakis yang dipilih sebagai subjek dalam ujikaji. Selain itu pokok paku pakis jenis *Stenoclaena Palustris* ini dicadangkan boleh dijadikan tanaman komersial atau perhiasan di sekitar sumber air.

Rujukan

- Balasubramanian Murugesan, Arul Jeyakumar,(2021)A review on utilizing the marine biorefinery waste in construction raw materials to reduce land pollution and enhance green enviroment. *Advances In Materials Science*, Vol. 21, No. 3 (69)
- Bolton, D., Meredith, H., Walsh, D & McDowell, D. (2014). Poultry Food Safety Control Interventions in the Domestic Kithen. *Journal of Food Safety*. 34:34 – 41
- George Seegebrecht (2017)The Role Of Fern Tree <https://www.concretenetwork.com/aggregate/>.on the 8 october,2023
- Hussin, R. & Kunjuraman, V. (2014). Pelancongan Mapan Berasaskan Komuniti (CBT)Melalui Program Homestay di Sabah, Malaysia. *Malaysia Journal of Society and Space*. 10(3):160 – 174.
- Ihazair, M., & Yahya, K. (n.d.)(2015). The Effect of heavy metal. *Engineering.Utm.My*, 122–135.
- Ismail, N. N., Othman, N. H., Goh, W. I., & Sainudin, M. S. (2019). Physical and Mechanical Properties of Concrete Containing Green Mussel (*Perna viridis*) Shell Ash as an Admixture. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 601(1).
- Isam A. M. T., Mahgoub O. O., Haider I. O., Tarig M. R., Osman H. S., & Abdel- Hafiz, B. A(2016). Influence of pakis. *Key Engineering Materials*, 711: 382–389.
- Itam, Z., Beddu, S., Mohd Kamal, N. L., Alam, M. A., & Ayash, U. I. (2016). The fern tress. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 32(1), 8–12.
- Junxiong Zhan, Jinshan Lu,et al(2022).Review of shell waste reutilization to promote sustainable shellfish aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 14 (1), 477-488,
- Mahasan, M., Hayat, R., & Meor Yusuf, M. A. (2019). Keberkesanan penggunaan pakis. *Green Technology & Engineering Seminar*, 41–49.
- Masdek, N. R & Othman, M. F. (2014). Supply Chain Management Practices As A Source of Competitive Advantage for Food Processing SMEs in Peninsular Malaysia. *Economicand Technology Review*. 9(a): 19 -28.
- Martínez-García, C., González-Fonteboa, B., Martínez-Abella, F., & Carro- López, D. (2017). Performance of mussel shell as aggregate in plain concrete.*Construction and Building Materials*, 139: 570–583.
- Nor, M. F. B. M. (2019). Heavy metal test in water. 1–48.
- Rahim, R. N. R. (2020, 2 Disember). Sektor perkhidmatan penyumbang retrieved from <https://www.hmetro.com.my/mutakhir/2020/12/648432/sektor-perkhidmatanpenyumbangterbesar.on1may2024>
- Suparyanto dan Rosad (2015. (2020). No Title No Title No Title. *Suparyanto Dan Rosad* (2015, 5(3), 248–253.
- Sainudin, M. S., Othman, N. H., & Shahidan, S. (2019). Performance of concrete containing mussel shell (*Perna viridis*) ash under effect of sodium chloride curing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 601(1).
- Younis, A., Ebead, U., Suraneni, P., & Nanni, A. (2018). Fresh and hardened properties of seawater. *Construction Building Materials*, 190: 276-286